



## IoT車両情報の社会応用に関する基礎理論

著者	?原 勇
内容記述	この博士論文は内容の要約のみの公開（または一部非公開）になっています
発行年	2017
学位授与大学	筑波大学 (University of Tsukuba)
学位授与年度	2016
報告番号	12102甲第8114号
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2241/00147611">http://hdl.handle.net/2241/00147611</a>

# IoT 車両情報の社会応用 に関する基礎理論

高原 勇

システム情報工学研究科  
筑波大学

2017年 3月

## 0.1 はじめに

天然資源の少ない日本において技術革新による経済・社会的課題の解決に寄せられる期待は大きい。なかでも自動運転は今後の技術革新の代表格である。その社会的な意義は、道路交通における安心・安全の確保である。

国内の交通事故死者数は2016年（10月末時点）で3,134人と前年同期に比べて減少しているが、65歳以上の高齢者による死者数と事故数は人口構成（26%）から比較するといずれも約2倍である。交通事故全体の約9割がドライバーの認知、判断ミスで占められる現状から、自動運転支援は交通安全・事故減少に求められている。

一方で、産業的な意義としては自動車産業界の競争力強化は言うまでもないが、本論文の主題であるIoT車両情報による社会応用を新たな意義として提唱している。自動車は従来の安全・安心・快適な移動や運転機能と社会的共通資本としての計測機能をもつ局面を迎えている。自動車を利用することが人の移動や運転の喜びに加えて、乗車していない人々や地域社会に役立つのである。そのデータの収集と利活用から新たな社会サービスの創出や未来の産業形成につながることは自動車の新たな役割と機能として再定義されるであろう。

本論文ではこれからの自動車のもつIoT車両情報について具体的な事例検証を進めつつ社会応用に向けての基礎理論を論じる。共有すべき協調領域の基盤システムの整備はもとより、未来の地域社会に根ざす知能化に向けた今後の取り組み方についても言及していく。自動運転の実現とともに自ずとIoT車両情報は生成されるが、その進展に伴いデータ量・種類・更新速度は増大していく。そのため社会応用の可能性を明示することは後続する研究や社会実装を進展させていくことにつながるのではないかと考えている。

IoT車両情報の効用は社会計測による情報化から知能化へと発展して、データ利活用による新たな社会サービス創出と未来の産業形成すら視野に入ってくる。自動運転の実現には認知・判断・操作というプロセスが必要となるが、代表的なIoT車両情報はまさにそのプロセスで生成される。自動車の搭載システムの稼働状態を示すモニタリングや燃料タンクや蓄電池のエネルギー残量など自動車には多種多様なデータがある。この多様なデータを広域から遠隔で即時に収集して、位置情報と時刻を紐づけた構造で収集・選択・保管・検索・共有されていく。これらの情報が循環して知能化につながる大きな特色である。極めて近い将来には情報化社会から知能化社会への対応を加速する実践的フィールドになると思われる。日々の自動運転情報が時刻と絶対位置とともにタ

グ付けされて次なる運転機会へと共有されていく。

自動運転の進展は IoT 車両情報の受益機会を提供者のみとせず道路交通の社会知・公益知として共有的利活用を可能とすることであろう。その範囲は渋滞状況計測や道路インフラ監視など道路交通の高精度な計測から地域のエネルギー需給の整合などの幅広い基盤情報となる。また被災時は退避・避難など誘導情報として利活用も期待できる。

例えば、雨が降れば運転者はワイパーを操作する。この操作情報が位置・時刻情報とタグ付けされていれば、その情報は高精度な即時的な天気情報となる。定点観測に自動車のような移動可能な変動点観測情報を加えることができる。狭域の気象観測の精度が向上することやゲリラ豪雨のような現場での減災に活用できる。また、ドライバーが急ブレーキを踏みこむ危険回避情報は個人の事故未然防止として記憶されていた。それらが道路交通情報として蓄積されれば、地域の危険地点を先読みした知能化運転につながることになる。このような知能化への積み重ねは事故減少だけでなく地域社会の行政コストを確実に軽減していくことにつながるであろう。知の好循環を地域で共有できるのである。

IoT 車両情報では広域かつ複数車両の時刻単位での走行速度の空間分布を観測することが可能である。従来の定点観測に加えて、変動的な観測点における即時的かつ連続性のある情報は道路交通情報を各段に高精度化する。その情報から即時に経路選択や運転計画を判断できる。位置情報と実測燃費の空間分布を観測することで経路・区間毎に気象条件も加えた形で知能化された低燃費運転支援を実現することが可能となる。同時に燃料タンクの残量情報は地域のエネルギー需給予測に有用となる。

ガソリンスタンドは国内で減少傾向にある。自治体単位で給油施設が 3 カ所より少ない給油過疎地域は全国ですでに約 270 カ所となっている。仮に、燃料タンクの残量が遠隔的に把握できれば給油施設への補給頻度の最適化やさらにはガソリンスタンドの配置見直しや今後増設する水素ステーションの最適配置などに活用できる。IoT 車両情報は道路交通や都市計画に始まり、人間中心の実り豊かな地域未来を形成していくべきである。その実現には基盤技術の確立が重要となる。

自動運転がエネルギーバリューチェーンから地域包括ケア（保育・医療・介護など）に至る社会サービスに活用されると、サイバー空間では IoT 車両情報が蓄積される。公的認証システムや全球地球観測システムの準天頂衛星システムとの照合・タグ付けなどでデータ処理・分析・共有がなされる。データ共有にはインターフェースの共通化・ネットワーク・セキュリティ・運用管理などが当然必要となる。これらの基盤技術は人工

知能センターとの連携も必須となるであろう。

パーソナルデータの秘匿性担保や情報の対称性から起こり得ることとして、IoT 車両情報のモニタリング選択（公開，非公開選択）と最適報酬（インセンティブ）などに始まる社会制度の整備が必要である。2050 年を見据えた経済・社会課題の解決を目指すことで、長期的な視点や企業間においても協調領域が拡大して産学連携が進展して、オープンイノベーションが生まれる。これらの実現には社会受容性（アクセプタンス）が重要な鍵となる。

IoT 車両情報の社会応用は大いなる可能性に満ちている。日本には規範と知恵による優れた行動様式がある。道路交通にしても世界に誇れる運転行動と交通環境が存在する。現在の営みを映すデータの利活用に社会工学の視点を入れて、持続的な社会基盤づくりと未来産業形成への加速が必須である。

## 0.2 社会背景と研究の目的

自動車の技術革新としての自動運転の意義について前節で述べた。本節では IoT 車両情報に着眼した研究動機についてふれたうえで、社会背景と研究の目的について述べたい。自動車の燃費向上は環境とエネルギー制約の両面において極めて重要な課題である。さまざまな内燃機関の改善がなされ、ハイブリッド車両が実現して、さらには水素燃料電池自動車が開発された。一方で、それらの自動車のパワートレインの特性を外部環境や経路特性を見極めて、低燃費運転支援を実現することで実燃費を改善する意義と効果は大きい。安全性や燃費、さらには道路交通、インフラ監視、防災防犯などの広範な社会応用と新たな社会サービス創出の可能性を秘めた IoT 車両情報の有用性を明らかにしたいと考えたことが研究の目的である。

次に関連する社会背景と研究の目的について示したい。第 21 回気候変動枠組条約締結国会議（COP21/2015 年 11 月 30 日）において、長期的視野に立った抜本的な温室効果ガスの排出削減の必要性が論じられた。同会議で言及された「2°C 目標」の実現には、世界の GHG ガス排出量を 2050 年までに 240 億トン程度に抑えることが必要とされている。世界全体で現在 500 億トン程度排出されている温室効果ガスは増加傾向にあり、2050 年までに約 300 億トン程度の追加削減を求められている。日本は世界全体の二酸化炭素排出量の約 3.7%（2014 年時点）を排出しており、中国、米国、インド、ロシアについて世界で 5 番目に多く排出している。全締結国が排出削減計画の策定・実施・排出目録の作成などの義務を有することと先進国は途上国への資金、技術移転支援が追加義務とさ

れている。低炭素社会実行計画はこれまでも政府の対策の柱として位置付けられて方針や計画が閣議決定され、国連登録もなされている。第1の柱は国内事業活動からの排出抑制であり、第2の柱として運輸・自動車のライフサイクル全体でのCO<sub>2</sub>排出量削減である。なかでも、乗用車の実走行の燃費改善が貢献期待として最も大きい。

他には貨物輸送の効率改善、貨物車の実走行燃費の改善がある。国際機関である「国際クリーン輸送評議会（ICCT）」は、「EUの乗用車からのCO<sub>2</sub>排出：2015年における乗用車メーカーの実績」と題する報告書を発表した。欧州環境庁がEUの2015年における新車乗用車のCO<sub>2</sub>排出に係る要約と分析を行ったところ、CO<sub>2</sub>平均排出量は119.6g/kmで目標値を8%下回っている結果となった。一方で、国内の二酸化炭素排出量のうち、運輸部門からの排出量は約17%を占めており、自動車全体で運輸部門の85%超で、うち乗用車が運輸部門の約50%である。平成27年3月現在、自動車台数は8,067万台であり、台あたりの燃費改善はわずかであっても大きな効果をもたらすことになる。

日本が抜本的な排出削減に向けた革新的エネルギー・環境技術の開発で世界をリードしていくためにも2050年を見据えたイノベーションの実現を世界に先んじて進める必要がある。世界に目を転じれば、新興国はもとより、ニューワールドと呼ばれるアフリカなどでの自動車への需要は高まり、地球規模でのエネルギー制約や環境問題の顕在化が進行している。地球環境保全の観点からも、乗用車の燃費改善、低燃費運転支援の実現の意義は極めて大きい。

自動車産業界ではこの課題に対して、未来に向けたロードマップや方向性の提示を始めている。2015環境フォーラム[0-10]でトヨタ自動車株式会社は「2050年までに内燃機関のみによる新型車両の生産を限りなく減らす新車CO<sub>2</sub>ゼロをステークホルダーとの連携・協力でチャレンジする」と宣言している。内燃機関によるガソリン、ディーゼルエンジン車両をプラグインハイブリッド車両や電気自動車、さらには燃料電池自動車などへの移行にチャレンジする。自動車のパワートレインの改善を図るとともに低燃費運転支援による実燃費の改善で排出量削減を図っていくことは重要である。自動運転とIoT車両情報の組み合わせによるCO<sub>2</sub>排出量削減に向けた低燃費運転支援の効果は乗用車に留まらない。貨物車の実走行燃費の改善や輸送効率の改善にも波及できる。同時に日本が先導し得る技術であることも本研究の意義として加えたい。エネルギー制約に関する革新技術を個別に開発・実装するだけでなく、地域未来のエネルギーの生産・流通・消費状況をネットワークでつなぎデマンドレスポンスを含めて最適化していくことは将来のエネルギーシステムの統合化技術となるであろう。その時に本論文のIoT車両情

報がシステム全体を横断する重要な情報源として利活用され则认为している。

その社会応用はエネルギー・環境保全の視点から、都市計画や地域未来の社会基盤などへと拡大する。即時的に複数の地域にまたがる広域の情報掌握は、従来の時空間の常識を一変させ得る。

時空間制約の解放に向けた知能化循環が始まると研究領域は境界なく格段に広がり、社会応用に働きかける契機となるだけでなく多くの新たな課題を有することになる。そのサイクルは新たな技術革新、要素技術開発の要請を生み、精度追求が求められ、絶対位置精度、認知・判断時刻の短縮化、操作情報の時刻精度などのより高精度の IoT 車両情報への要請となり、さらなる利活用のスパイラルアップを引き起こすであろう。そこで本研究では、IoT 車両情報の成り立ちから社会応用について具体的に明示することで、今後のより多くの研究に資するように論じていく。

本研究の目的は、今後、社会実装されていく高度運転支援ならびに将来の自動運転システムの実現により生成収集され社会応用に利活用できるよう秘匿性を担保した IoT 車両情報の社会応用に関する基礎理論である。前節で述べたエネルギー制約や環境保全に向けた低燃費運転支援、移動可能な分散電源としての被災時の減災活用など具体的な社会応用の明示は、今後の様々な研究動機となり得る。様々な社会課題をより広域で、自治体や国家視点での検討が可能となり、従来では解き得なかった視点での経済・社会的課題を解決する時代を迎えることとなる。都市計画から地域未来の存立基盤となる農業、保育、介護、防災、インフラ監視など産業形成の難易度が高い領域での幅広い社会応用が期待される。社会工学研究に大いなる利点と進展をもたらすことであろう。そのためにも産業界の持続的な研究開発投資は必要である。

イノベーションで世界をリードして、経済成長と社会課題の解決を両立に先導的な研究開発と産業形成を図ることこそが未来開拓に直結する。政府・大学・研究開発法人・自治体・産業界で長期公益的な視点で研究開発ビジョンを共有して、社会実装を見据えた現場を有する産学官連携体制を構築する。そして有用な研究成果は社会実装を前倒して事業化を促進する。このような取り組みを重ねていくことで、持続的な成長と地域未来の自律的な発展に貢献する。本研究の目的はその実現に向けた取り組みの一翼を担うことである。自動車を社会的共通資本として捉え直して、新たな技術革新である自動運転と IoT 機能の社会浸透を拡げて、人間を中心とする豊かな持続的な社会基盤づくりに貢献することである。

### 0.3 本論文の構成

本論文は序論と第1章から第7章までの全7章と付録で構成されており、各章の概要は以下のとおりである。序論では、未来社会をとりまく背景と研究目的ならびに本研究の全体構成について述べる。

第1章は「豊田市低炭素実証実験データの分析」としてIoT車両情報の社会計測機能とSociety5.0の実現に向けた取り組みについてである。研究主題であるIoT車両情報の背景と成り立ちを豊田市低炭素社会実証実験データの分析結果を紐解きながら、IoT車両情報の定義や社会応用の基礎的な事例からIoT車両情報を論じる。

第2章は「低燃費運転支援を実現する実測燃費解析」としてIoT車両情報による実測燃費の地域特性分析とその分析から将来の低燃費運転支援に有用な速度燃費曲線を導出する。次にカタログ燃費と実測燃費の地域差を明確にする。外部環境と経路特性による実測燃費の特性を明示するとともにIoT車両情報から得られる実用的な低燃費運転支援について論じる。

第3章は「災害時レジリエンスとしての自動車のエネルギー機能の利活用」としてIoT車両情報によるエネルギー保有量推定と被災時の避難退避における自動車利用の可能性について検討する。被災時に移動できる地理的範囲から被災想定地域外への到達不可能率を算出する。また、IoT車両情報の受発信が可能な車両と不可能な車両の混在期においても部分的な情報から全体推定を行う必要性と手法を検討する。

第4章は「燃料電池自動車普及に向けたステーション配置」として移動式サービスステーションによる需給整合とIoT車両情報の連携についてである。燃料充填機会のための移動距離分析から移動式サービスステーションの巡回手法を検討する。さらにIoT車両情報による給油頻度の見極めから需給整合の精度、利便性向上を図るエネルギーステーションの最適配置などについて論じる。

第5章は「太陽光逆光割合の導出による自動運転支援」として道路と太陽の相対位置関係から逆光となるトリップを抽出する空間モデルを提示した。今後の自動運転の導入で運転障害を引き起こす恐れがある逆光の発生条件を示した上で時空間的視点を踏まえた都市側の要因を明らかにした。あらかじめ自動運転を考慮した都市計画と智能化の必要性についても論じる。

第6章は「走行速度に関するモニタリング選択問題」としてIoT車両情報の完全モニタリングを選択するインセンティブの成立モデルの存在と成立性について検討する。社会受容性（アクセプタンス）が利活用の重要な鍵となる。IoT車両情報基盤の整備や



利活用実現に向けた社会制度の設計に重要な理論となる。

第7章は「結論と今後の課題」として主たる研究成果を結論として、学術的意義と社会的意義の観点で整理している。次に今後の課題として本研究で論じた理論と社会応用による地域未来の社会基盤づくりを出口とする本格的な産学連携と拠点形成の提言である。

ここでは筑波大学社会工学域での共同研究ならびに経済産業省・文部科学省合同の産学連携ガイドライン策定に係るワーキング委員活動などから得られた新たな産学連携のあり方を踏まえた進め方を含む提言を記している。

付録には本論文の研究に係る補足資料を付した。以上が本論文の構成である。本論文の構成を表 0-1 に示す。第1章及び第7章は寄稿論文として、第2章から第6章の内容は採択済み査読付き論文を基に構築している。

表 0-1 論文の構成

氏名	高原 勇			
題目	IoT車両情報と社会応用に関する基礎理論			
章	IoT車両情報	社会的意義	学術的意義	発表
1章	定義(遠隔, 即時, 広域) 位置、操作情報、燃費・電費	社会計測機能とエネルギー消費、保有情報	Society5.0ユースケースの理論補完	オペレーションズリサーチ (特集号寄稿2016vol.61)
2章	実測燃費、走行速度、気温、降水、走行経路	高度運転支援による実測燃費改善	速度－燃費曲線の理論化	環境共生
3章	燃料残量、蓄電池残量 絶対位置、走行経路	被災地での自動車からのエネルギー供給	燃料残量の推定精度保証	計画行政
4章	水素残量、燃料需要量 走行経路、走行距離	移動式水素ステーションの巡回スキームと最適配備	移動式施設の最適時空間配置(定置式の補完性)	計画行政
5章	逆光照度、走行経路 絶対位置、時刻	自動運転の安全性向上 撮像支障場所の特定	運転時逆光となる場所・時間の数値化	GIS－理論と応用－
6章	走行速度、操作情報 セキュリティ	完全モニタリング、報償・罰金による速度規制の効果	非対称情報と速度規制に関する経済的解釈	応用地域学研究
7章	燃料需給、地域交通量 行動予測、包括ケア情報	地域未来の持続性を担保する社会基盤	地域内のシェアリングモデルの理論化	日本経済団体連合 (提言準備中)

## 7.1 結論

本論文では、序論に示した論文の構成に則して、第1章から第7章まで研究を進めた結果、以下のような研究成果を得た。

第1章では、IoT車両情報の定義をした上で、豊田市実証実験で取得したサンプリングデータをIoT車両情報と見立てながら社会応用の可能性について論じた。第5期科学技術基本計画の第2章「未来の産業創造と社会変革に向けた新たな価値創出の取組」で重要な施策としてSociety5.0の実現の社会応用について理論補完を行うことができた。また、IoT車両情報の社会計測機能の有用性とこれからの自動車の社会的共通資本としての発展性を示すことができた。

第2章では、車両特性が保証された大量の燃費データを解析し、実測燃費は地域の使用環境でカタログ値と有意に異なることを数値で示した。気象環境で実測燃費の差とバラツキが大きいことを明確にした上で、IoT車両情報による低燃費運転支援で実測燃費を改善する速度燃費曲線の理論化とその導出を行った。燃費解析にIoT車両情報による実測燃費の有用性と地域特性として温暖多降雨地域で優先度と支援効果の期待値が大きいことを示した。

第3章では航続可能距離データを用いて、被災時において自動車が移動できる地理的範囲さらには燃料残量ゼロまでの日数を求めた。特に、待機と待避・避難との関係を可視化した上で、被災想定地域外への到達不可能率を算出した。地域が保有する自動車の合算値が正規分布に従う安定した数値であることを確認して被災地での自動車のエネルギー供給の可能性を明示した。日本全体で自動車に残っているエネルギー量は、一世帯あたりの電力消費量換算で20日分に相応することなどを示した。自動車を移動分散型エネルギーとして捉えた場合の燃料残量の精度保証と空間分布を理論的に明らかにした。

第4章では移動式水素ステーションの運用だけではなく、給油過疎地域などで認められた場合の効果を含めて、SSへの追加アクセス距離をどの程度削減できるかについて一次元空間モデルを通して理論化した。巡回サービスのパターンを工夫することで、追加距離を大幅に削減できることを証明した。また、順シフトが逆シフトと比較して2倍効率的であることを導いた。次に、移動式SSの配備場所は給油頻度を見極めてゾーン数を決め、ゾーン中心だけの配備が有効であることを導いた。最後に、移動式は利用者の時間を制約するが、定置式よりも迂回給油を減らせるためアクセスに優れたサービスを提供できることを数値的に示せた。

第5章では道路と太陽の相対位置関係から逆光となるトリップを抽出する空間モデ

ルを提示して理論化した。第一に、両道路網で冬の季節ほどさらには高緯度地域ほど逆光状況が増える。第二に、両道路網で東西方向に横長な地域ほど逆光となる総トリップ長は伸びる。第三に、直線型道路網では年間を通して様々な方向で低い割合で逆光が発生するが、格子型道路網では特定の月日のみに多くのトリップが同時に逆光となる。

第四に、直線型道路網と比べ格子型道路網では矩形都市の回転角度から受ける逆光への影響は大きい。以上より、運転手の運転環境障害さらには自動運転での周辺監視障害となり得る逆光を、都市形態、道路網パターンなど都市側の地理的要因から特徴付けた。

第6章では、ドライバーに選択肢が与えられている下で、政府がドライバーの完全モニタリング選択を誘導するような報酬体系を求めた結果、完全モニタリング下での規制速度には報酬をドライバーに与え、実勢速度には罰金を課すことで、政府の試みは達成できることを証明した。IoT車両情報を社会公益的な利活用を進める上で、完全モニタリングを選択する社会制度の設計が可能であることを明示した。しかしながら、その利活用の鍵が社会受容性(アクセプタンス)にあることを問題提起している。人間を中心としたよりよい社会とするためにデータの利活用がなされ、個人個人が生き生きと暮らしていくための社会基盤に必要であると認められて社会に浸透する。モニタリング選択とインセンティブに関連する社会制度と受容性(アクセプタンス)はこれからのIoT車両情報の利活用実現に向けた最大の鍵である。

本論文を通して、IoT車両情報の代表的なデータから安全性や燃費、さらには道路交通、インフラ監視、防災防犯などの広範な社会応用と新たな社会サービス創出にIoT車両情報の有用性を明らかにすることができた。車両センサーの稼働状態情報は安全運転の担保だけでなく、遠隔からその周辺監視状況を共有できる。地域での狭域災害の情報になる。走行情報は交通事故時の原因追求で再発防止となり、危険情報は未然防止になる。実測燃費の観測から地域特性と外部環境に即応する低燃費運転支援を実現する。

IoT車両情報の社会応用は可能性に満ちている。

次節以降の今後の課題には地域未来の社会基盤づくりへの応用と産学連携への取り組みについて記している。天然資源の少ない日本であるが、先人から継承する規範と知恵による優れた行動様式がある。現在の営みを映すIoT車両情報のような良質なデータは日本の未来資源である。社会工学の視点を入れて、持続的な社会基盤づくりと未来産業形成にデータ利活用による社会応用を加速すべきである。

## 7.2 今後の課題

### 7.2.1 地域未来の社会基盤づくりへの応用

個人個人がいきいきと暮らせる超スマート社会の実現が **Society5.0** の基本コンセプトである。サイバー空間とフィジカル空間の高度な融合、経済的発展と社会的課題の解決をすることで人間を中心とした新たな社会を築くことにある。地方と都市部の情報格差は縮小して即時・遠隔・広域に共有できるシステム基盤が整備される。これまでには困難とされた時空間制約の解放が進み、地域未来の存立基盤が築かれ新たな産業形成が期待される。

自動運転は **Society5.0** の実現に貢献できる重要な技術革新である。自動運転を基軸とする地域未来のエネルギーバリューチェーンや地域包括ケアや自動運転農機を用いる農業へのユースケースで役立つ。同時にサイバー空間ではその利用状況が IoT 車両情報として蓄積分析されて、次なる利用機会ではより優れた行動様式となるように智能化が進展する。日本は少子高齢化・過疎化の進行・産業競争力の低下など社会課題に直面している。社会課題は連鎖する。医療費を始めとする社会保障費の増大、インフラの老朽化、経済の低成長と財政赤字である。特に地方ではその存立基盤の維持が困難になる恐れが懸念されている。

日本には自然豊かな原風景を残す地方や地域が現存している。産業形成が困難な農業・保育・防災など地域未来の存立基盤を確かなものとする社会基盤づくりは **Society5.0** で取り組む猶予なき重点テーマである。人と自然が共生する地域未来づくりは一朝一夕に叶うことではない。長期視点で地域未来の存立基盤を確保しながら、経済的成長と人材育成を実現する拠点形成で持続的な社会を築くことが必要である。持続的な社会を引き継ぐのは人である。地域の若手人材育成に注力すべきである。こらからの若い世代にとって必要な社会基盤は何であるのか。地方の直面する課題に技術革新で解決ができるか。その問いに真摯に考え対応していくことが重要である。

未来の社会基盤づくりは、国家と自治体として行政の職務である。大学は教育と研究の両面で社会基盤を担う責務がある。産業界には雇用と納税により社会基盤を支えて、よい製品や社会サービスで社会基盤を担う責務がある。産学官にそれぞれに未来の社会基盤に責務があることは論じるまでもない。地域未来の基盤づくりや拠点化において従来の時空間制約にとらわれずに新たな技術革新で考え直す時期を迎えているのではないだろうか。**Society5.0** 実現により時空間制約が解放された新たな地域未来の社会基盤づくりへ IoT 車両情報を始めとするデータ利活用を社会応用すべきである。

今後の少子高齢化の進行を踏まえ、中心地に拠点の核（ハブ）として都市機能を集約して、従来からの生活拠点としての核（ハブ）と連携（スポーク）でコンパクトシティの構築を図るハブアンドスポーク型の都市計画が複数の自治体で提唱されている。直近では東京都市計整備局による首都圏広域地方計画（平成 28 年 3 月）がある。これまでの交通ネットワークを最大限活用しながらも新たな括りで広域連携（スポーク）を図り新たな対流を創出する取組みである。

つくば市地域交通網形成計画（平成 28 年 4 月）は持続可能な公共交通網の実現と周辺自治体と連携（スポーク）しながら多極（ハブ）ネットワーク型でコンパクトシティの構築を取組む構想である。いずれも未来を見据えた構想である。

自動運転がハブをつなぐスポークで有用に活用されると思われる。一方で、自動運転の社会実装を進める米国ではどうであろう。自動運転により快適な移動が担保されれば、域内の移動への抵抗感は小さくなり核（ハブ）自体がスポークを含みながら、さらに巨大化するという研究や都市計画がある。国土の広さの違いがあるため単純な比較は意味がないが、集中投資による利便性の高度化などの視点で新たな発想で基盤づくりの研究と実現が予想される。

ハブアンドスポーク型都市構造を地方の拠点として考えて地域とする。この地域内とさらに周辺地域の IoT 車両情報を観測すると、日常的な交通実態と今後のハブアンドスポークの需要予測ができるのではないだろうか。自動車のそれぞれの移動をミクロなスポークと捉えたビッグデータの蓄積と分析が可能になる。IoT 車両情報から将来のスポーク容量と長さ（道路交通の需要）から都市計画の必要条件と十分条件を検証することができるのではないだろうか。このような仮説を起点に、IoT 車両情報でさまざまな需要計測をすることから未来地域の社会基盤づくりへの応用を現在計画している。

IoT 車両情報による社会計測を地域の住民ならびに自治体との連携を通して、移動情報（通勤通学情報・目的地情報）、地域包括ケア（保育・医療・介護の送迎・頻度情報）などの地域計測のビッグデータから、あるべき社会基盤とありたい社会基盤像を描いていく。その実現に必要な技術は産業界との共同研究により先進技術を反映した製品として試供され、地域で効果実証がなされる過程で製品化の完成度が上がり地域に実装され、社会課題の解決につながる。そのようなサイクルが回る取り組みへの応用である。日本経済団体連合の未来産業・技術委員会 Society5.0 実現部会での地方 WG と産業競争力懇談会における地域未来の社会基盤づくりを推進テーマとする活動計画を準備している。IoT 車両情報を主軸にし、補完的にスマートフォンによる位置情報、衛星からの撮影情

報を活用することで、地域の社会計測データとして収集して人工知能センターとデータ共有を図る。サイバー空間と現実フィジカル空間の融合で **Society5.0** の実現を先導したい。

国内の人口減少から想起される労働力、インフラ維持、治安への不安に対して、国外では人口増加によるエネルギー・食料・飲料水需要が懸念されている。現在の日本は先人から引き継ぐ知恵と規範から成る優れた行動様式と伝統文化がある。現代の知性をデータに分解・蓄積して個人の知性を社会公益に有用な知性へと共有し、循環させて世界に誇れる社会基盤を有する地域未来を築く機会である。

一方で、国家としての科学技術に対する相対的予算不足は否めない。国家戦略としての取り組みの強化が必要である。人工知能・生命科学に代表される科学技術の急激な進展で科学技術とデータ争奪は既に始まっているとあって過言ではないだろう。

その中で、日本の国家的なイノベーション創造システムとして政府、官庁、自治体、大学、国立研究所、産業界による本格的な産学官連携が深化持続することで未来への資産となるようにいち早く行動すべきである。文部科学省が日本再興戦略 2016（平成 28 年 6 月 2 日閣議決定）を踏まえて本格的な産学官連携の実現に向けたガイドラインを策定することになっている。策定に係る産学官連携進化ワーキンググループに構成員として参画したが、オープンイノベーションの実現と発展を心から期待したい。持続的な成長と地域社会の自律的な発展には日本の地方での労働生産性の向上と国内市場喚起が必須である。自律的に持続する地域未来の社会基盤づくりに IoT 車両情報と自動運転の社会応用を推進するべきである。

### 7.2.2 産学官連携と IoT 車両情報の利活用

日本の成長戦略の中核である **Society5.0** は都市や地域・ものづくり・健康医療・インフラ等を取り巻く構造的な社会課題の解決を通して未来の社会基盤づくりに貢献することにある。人間を中心とした個人個人がいきいきと快適に暮らせる社会を築くことが目指すべき考え方である。その好循環による持続性を担保するには経済構造改革とイノベーション創出の仕組みが不可欠である。

**Society5.0** 実現への投資を起点に本格的な産学官プロジェクトが発足する。本格的なプロジェクトとは日本の未来を見据えた長期・協調領域的な視点で、経済・社会的課題の解決を図り社会実装を出口とする研究開発である。この課題解決と社会実装を通して大学・研究所等の研究開発力の向上が進み、イノベーションが創造されて国内 GDP600

兆円経済を早期に実現していく。産業界の収益増による税収増が新たな投資原資となり好循環が始まる。経済構造改革とイノベーションの関係性の一端を示す循環である。

政府の未来投資会議はじめ総合科学技術・イノベーション会議では政府研究開発投資の拡充が議論されている。科学技術関係予算の強化は重要な役割を果たす。文部科学省の調査によると、2000年度から2014年にかけて各国の政府研究開発予算は、中国は10倍、韓国は4.5倍、米国・ドイツ・英国は約1.5倍に拡大しているが、日本は約1.1倍に留まっている。無論、予算規模の多寡だけでイノベーション創造の多寡が決まるわけではないが、未来へ向けた投資的視点で考えれば優勢な状況とはいえない。限られた資源を有効に使って付加価値を創出することは我が国の得意とするところである。産学官による先人は米国やドイツなど科学技術で産業形成と拠点化による社会基盤づくりを有機的に進めるお手本は既に存在している。

また政府が府省連携と出口志向で推進するSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）など先行する好事例が進展している。複数企業群から有用な先進技術と人材と資金を大学や研究開発法人に結集して、オープンラボによる拠点化と協調領域における未来探索の拡大への期待は大きい。今こそ新たな産学官連携としてその具体化の先導を図るべきである。

地域未来の社会基盤づくりを照準とするオープンラボとして未来社会工学開発研究センターが筑波大学に設置が検討されている（平成29年度）。同大学の社会工学域を中核としながら、関連研究者と人工知能センターなどのバックアップにより学際性豊かな研究体制を整備する。複数企業群と実装に至る本格的な共同研究を想定自治体を含めて着手する。2050年の地域未来を見据えた地域の存立基盤として農業・保育・防災を重点研究テーマとして設定する。

その解決の糸口となる社会計測の手段として本章のIoT車両情報を主軸として利用する。スマートフォンと小型ロボットなどコミュニケーション型のパーソナル情報や衛星情報も補完的に利用する。いずれも使用者の理解と協力を得てサイバー空間情報として収集蓄積する。自動運転（レベル別）による送迎保育、病児保育さらには農機応用や被災時の避難応用がフィジカル空間での代表的な実証実験である。

これらの社会計測と社会実証の結果は筑波大学内に発足する人工知能センターで分析と知能化を行う。さらに、データプラットフォーム拠点として整備を進める国立研究開発法人の人工知能センターとの整備データの共有を図るべきと考えている。オープンラボ発の質の高い大量の研究データの価値を利活用するためにはデータ主導型研究に

利用しやすい形で整理したデータベースにしておくことが当然である。人工知能技術を活用していくには、解析に用いる知能化技術のみならず高品質で大量の整備データが必須である。

IoT 車両情報についても、新たな社会サービスや価値創造につながる解析が行うことができる基盤技術（データプラットフォーム）が必要である。同時にデータ取得からデータベース整備、解析結果に至るプロセスで共有先とのオープン・クローズ・シェアの検討が必要になる。公開可能なデータベースについては広く共有することが望ましく競争領域ではクローズとなるであろう。その際にも日本国内の研究データベースハブとして国立研究開発法人と企業間、大学間のデータ共有のあり方が重要になる。

IoT 車両情報は自動運転の進展に伴い急速に増大する。増加するデータ量と速度は個社や人の認知限界を超ビッグデータに潜在する有用な情報を十分に引き出せない状況が起こり得る。データの利活用には IoT 車両情報であればシステム技術や車両技術など自動車に係る専門知識から人工知能・機械学習・数理科学など理論科学などの高度な解析手法が必要になっている。IoT 車両情報による道路交通観測システムを構築するにあたっては従来の定点観測と変動点観測の補完関係を確保しながら、高精度な即時広域情報の把握を実現しながら、同時に利用者への運転行動に資する情報提供が必要である。低燃費運転支援として推奨速度や渋滞回避の経路選択や被災時の避難誘導など社会応用を現実的なものとするには高精度、高速な情報提供のあり方の確立が求められる。

また、IoT 車両情報は現時点では潜在的な有用情報と言われる多くのダークデータが含まれると考えられる。今後の社会変化に応じて他領域のデータベースとの組み合わせにより新たな価値や機能向上が図れる情報である。気象予測データベースと IoT 車両情報の組み合わせは、到着時刻や渋滞回避による経路選択や低燃費運転支援など高精度化だけでなく、人々の行動判断など現在では不確実性と呼ばれる領域での社会サービス創出の余地がある。

複数の異なるデータベースのマッチングや新たな社会サービス創出はオープンイノベーションやオープンラボにより実現される。大学の学際性や国立研究所の専門領域との組み合わせによるイノベーション創出を加速したいと考えている。筑波大学の未来社会工学センターは睡眠医科学や革新的サイバニックスシステムやビジネスサイエンスなどの学際性あふれる研究領域との融合を始める。IoT 車両情報と睡眠医科学のデータベースの組み合わせは自動車の運転操作行為からの睡眠予兆を予測する新たな研究領域を創出し、新たな付加価値で社会課題に貢献することになるだろう。



情報のオープン・クローズ・シェアについては将来像の共有，競争領域と協調領域の明確化，特に公益的社会利用などのデータの潜在能力を引き出す仕組みや行動までもがデータ利活用者の責務である．データ提供者はそのフィードバック行動により評価をするであろう．国民対話を積み重ねて社会受容性（アクセプタンス）を醸成していくことが必須である．同時にデータ利用者の行動がデータ利用の是非を決定するだろう．自動運転は実現そのものが大きな技術革新である．その実現による IoT 車両情報は新たな社会応用で公益・産業的価値を創出する．解決を待つ社会課題は時に顕在化して時に散逸している．イノベーションが連鎖する時代が到来しており，社会工学は未来開拓に重要な役割を果たすことになる．